



Dr hab. Marcin Bryła, prof. IBPRS-PIB
Zakład Bezpieczeństwa i Analizy Chemicznej Żywności
Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego
Im. prof. W. Dąbrowskiego – Państwowy Instytut Badawczy

Warszawa, 29-05-2023

RECENZJA

osiągnięcia naukowego pt. „Badania nad biosyntezą astaksantyny z wykorzystaniem mikroalg *Haematococcus pluvialis*” będącego podstawą ubiegania się Pana dr inż. Daniela Jana Borowiaka o stopień doktora habilitowanego w dziedzinie nauk rolniczych w dyscyplinie technologia żywności i żywienia

Recenzję wykonano na podstawie przepisów Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 poz. 478), w szczególności na podstawie zapisu art. 219, p. 1:

1. *Stopień doktora habilitowanego nadaje się osobie, która:*

1) *posiada stopień doktora;*

2) *posiada w dorobku osiągnięcia naukowe albo artystyczne, stanowiące znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny, w tym co najmniej:*

a) *1 monografię naukową wydaną przez wydawnictwo, które w roku opublikowania monografii w ostatecznej formie było ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. a, lub*

b) *1 cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych lub w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych, które w roku opublikowania artykułu w ostatecznej formie były ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. b, lub*

c) *1 zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowe, konstrukcyjne, technologiczne lub artystyczne;*

3) *wykazuje się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.*

Niniejszą recenzję wykonano na podstawie pisma Przewodniczącej Rady Dyscypliny Technologia Żywności i Żywnienia Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, Pani prof. dr hab. Agnieszki Kity z dnia 27 marca 2023 r. o powierzeniu mi funkcji recenzenta w postępowaniu o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego Panu dr inż. Danielowi Janowi Borowiakowi w dziedzinie nauk rolniczych w dyscyplinie technologia żywności i żywienia.

Informacje ogólne o Habilitancie i przebiegu pracy zawodowej

Pan dr inż. Daniel Jan Borowiak jest absolwentem Akademii Ekonomicznej im. Oskara Langego we Wrocławiu (obecnie Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu). Studia ukończył w 1996 r. na Wydziale Inżynieryjno-Ekonomicznym Przemysłu na kierunku ekonomika i organizacja przemysłu spożywczego. Pracę magisterską pt. „Badania nad



sterowaniem dopływem pożywki w hodowli drożdży piekarskich przy użyciu komputera typu IBM PC” zrealizował pod kierunkiem Pana dr hab. inż. Tadeusza Miśkiewicza, prof. AE Wrocław. Od 1 października 1996 r. aż do dnia dzisiejszego, Pan dr inż. Daniel Jan Borowiak pracuje w tej samej jednostce naukowej (obecnie w Katedrze Inżynierii Bioprocessowej Wydziału Inżynierii Produkcji Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu). W 2007 r. Habilitant obrobił pracę doktorską pt. „Wykorzystanie funkcji logistycznej do sterowania dopływem pożywki w hodowli drożdży piekarskich” na Wydziale Nauk o Żywności Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu pod kierunkiem Pana prof. dr hab. inż. Tadeusza Miśkiewicza.

Ocena osiągnięcia naukowego stanowiącego cykl publikacji

Osiągnięciem naukowym, będącym podstawą do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego jest cykl pięciu powiązanych tematycznie publikacji naukowych, w tym 1 rozdziału w monografii, 3 oryginalnych artykułów naukowych oraz 1 artykułu przeglądowego, opublikowanych w latach 2015 – 2022, ujętych pod wspólnym tytułem: „Badania nad biosyntezą astaksantyny z wykorzystaniem mikroalg *Haematococcus pluvialis*”.

Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego, ukazały się w postaci: rozdziału w polskojęzycznej monografii pt. „Transfer wiedzy z nauki do dolnośląskich przedsiębiorstw. Teoria i praktyka”; 3 publikacji w czasopismach wymienionych na liście *Journal Citation Reports (JCR) (Applied Sciences - IF 2.679, Algal Research - IF 5.276 oraz Energies - IF 3.252)* oraz 1 artykułu naukowego w czasopiśmie *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*. Spośród wszystkich wymienionych czasopism, tylko dwa z nich przypisane są do dyscypliny technologia żywności i żywienia (*Applied Sciences* oraz *Algal Research*). Sumaryczny wskaźnik wpływu IF osiągnięcia z roku opublikowania wynosi 11.207, a wartość punktowa tych opracowań wg deklaracji Habilitanta wynosi 375. Habilitant rozdziałowi w monografii przypisał 25 punktów bez podania podstaw prawnych, którymi kierował się przy wskazaniu takiej punktacji. W opinii recenzenta przyznana punktacja jest niezgodna ze stanem faktycznym, gdyż liczba punktów za rozdział w monografii powinna być wyliczona na podstawie Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 27 października 2015 r. w sprawie kryteriów i trybu przyznawania kategorii naukowej jednostkom naukowym. Według obowiązujących wówczas wytycznych, liczba punktów za rozdział w monografii z co najmniej czterema autorami wynosi 25, a jej wartość punktowa jest proporcjonalna do liczby autorów będących pracownikami jednostki naukowej.

Udział Habilitanta w realizacji prac badawczych wchodzących w skład osiągnięcia naukowego był wiodący. Pierwsze z opisanych osiągnięć jest częścią polskojęzycznej monografii zatytułowanej „Transfer wiedzy z nauki do dolnośląskich przedsiębiorstw. Teoria i praktyka”, której autorstwo przypisuje się 10 osobom. W skład tej monografii wchodzi rozdział pt. „Komputerowo sterowane mieszadło wielostanowiskowe do eksperymentowania z mikroalgami”, dla którego Habilitant przypisuje sobie udział 100%. Ponieważ nie jest to rozdział wyodrębniony pod względem autorstwa uważam, że wskazane byłoby uzyskanie oświadczeń od pozostałych autorów monografii. Co więcej, nie do końca jestem przekonany czy rozdział ten może zostać zaliczony do cyklu monotematycznych artykułów naukowych,



ponieważ nie mieści się on w definicji artykułu (§9 rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 22 lutego 2019 r. w sprawie ewaluacji jakości działalności naukowej). Wkład Habilitanta w powstanie tego rozdziału obejmował opracowanie koncepcji, zaprojektowanie i oprogramowanie wielostanowiskowego mieszadła laboratoryjnego, wdrożenie i walidację urządzenia, przygotowanie manuskryptu i ilustracji, udzielenie odpowiedzi na recenzje, pełnienie roli autora korespondującego. Pozostałe publikacje o charakterze oryginalnym powstały przy deklarowanym wkładzie Habilitanta jako pierwszego autora i autora korespondencyjnego na poziomie 50 – 70% i zbiorczo obejmowały współdziałanie w opracowaniu koncepcji pracy i metodologii, przygotowaniu oprogramowania, walidacji systemu, przygotowaniu manuskryptu, ilustracji i wykresów, prowadzeniu badań, wykonywaniu analiz i oznaczeń, opracowaniu i interpretacji wyników, udzieleniu odpowiedzi na recenzje, pełnienie roli autora korespondującego. Ostatnim z wymienionych osiągnięć jest artykuł przeglądowy, w przypadku którego wkład Habilitanta w powstanie publikacji obejmował przygotowanie koncepcji pracy, sporządzenie źródłowej bazy danych, przeprowadzenie analiz i badań literaturowych, przygotowanie manuskryptu publikacji, wprowadzenie modyfikacji, udzielenie odpowiedzi na recenzje a także pełnienie roli autora korespondującego. Wszystkie wymienione publikacje (poza rozdziałem w monografii) są publikacjami wieloautorskimi (od 2 do 9 autorów). Niektóre z wymienionych publikacji wchodzących w skład osiągnięcia powstały w efekcie współpracy nie tylko z naukowcami z macierzystej jednostki naukowej Habilitanta, ale także z Politechniki Wrocławskiej, Uniwersytetu Opolskiego oraz ekspertami firmy AlgaeLabs Sp. z o.o. Deklaracje opisów wkładu merytorycznego pozostałych autorów publikacji przedstawione w załącznikach 5-9 zostały dobrze scharakteryzowane i zgodne z deklaracjami przedstawionymi w publikacjach.

Na podstawie jednotematycznego cyklu artykułów naukowych Habilitant sformułował cel badawczy, który opierał się na doskonaleniu technologii biosyntezy naturalnej astaksantyny z wykorzystaniem mikroalg *Haematococcus pluvialis*. Efekt ten chciał uzyskać poprzez realizację dość obszernych celów szczegółowych, obejmujących również rozwiązania technologiczne. Były nimi: (1) optymalizacja parametrów procesowych dwuetapowej hodowli mikroalg *H. pluvialis* w skali laboratoryjnej, (2) opracowanie, wykonanie i wdrożenie trój etapowego systemu namnażania inokulum mikroalg niezbędnego do prowadzenia badań i hodowli mikroalg w skali półtechnicznej, (3) opracowanie technologii biosyntezy astaksantyny z wykorzystaniem mikroalg w skali półtechnicznej, w zautomatyzowanym systemie fotobioreaktorów, (4) opracowanie, wykonanie i przetestowanie komputerowego systemu zdalnego sterowania przebiegiem hodowli mikroalg w modułach produkcyjnych oraz (5) przeprowadzenie na podstawie literatury charakterystyki trendów w badaniach naukowych związanych z algami, fotobioreaktorami i astaksantyną na przestrzeni dwudziestu pięciu lat ze szczególnym uwzględnieniem wniosków na przyszłość związanych z tego typu badaniami.

Omówienie osiągnięcia naukowego Habilitant rozpoczął od charakterystyki rozdziału w monografii (publikacja 1), wprowadzając czytelnika do badań, które zostały zrealizowane podczas stażu w firmie AlgaeLabs Sp. z o.o. w ramach projektu „Od innowacji do zysku”, dofinansowanego z funduszy Unii Europejskiej. Istnieje pewien rozdźwięk w opisach zrealizowanych badań zamieszczonych w autoreferacie, z tymi zawartymi w rozdziale. Według opisu przedstawionego w autoreferacie badania dotyczyły zaprojektowania,



stworzenia oprogramowania, a także wdrożenia komputerowo wspomaganego mieszadła laboratoryjnego z uwzględnieniem doboru natężenia światła LED, prędkości obrotowej mieszadeł oraz regulacji temperatury, które miało być wykorzystane podczas hodowli mikroalg. Znajduje się tu także bardzo szczegółowy opis doświadczenia charakteryzujący stanowisko, układ regulacji temperatury, oświetlenia, ruchu powietrza, a także nadrzędnego urządzenia sterującego (komputer), który za pomocą oprogramowania sterował parametrami procesu. Habilitant wskazuje, że zrealizowane badania dotyczyły optymalizacji barwy dostarczanego światła podczas hodowli alg, optymalizacji składu pożywki, doboru temperatury procesu, wraz z krótkim opisem wyników. Treści zawarte w autoreferacie częściowo odbiegały od zagadnień zamieszczonych w rozdziale monografii. Habilitant prezentuje prototyp projektu mieszadła wielostanowiskowego określając jego wymagania uwzględniające oczekiwania ze strony firmy AlgaeLabs. Autor dużo miejsca poświęcił opisowi prototypu, tj. konstrukcji urządzenia, charakterystyki układu pomiarowo-sterującego oraz oprogramowania sterującego, ale bez bezpośredniego przełożenia efektów tych prac na wdrożenie tego urządzenia do hodowli mikroalg. W mojej opinii ten aspekt jest najważniejszy. Natomiast efekty tych prac i przydatność urządzenia do hodowli organizmów zostały tylko krótko scharakteryzowane w autoreferacie. Z tego względu uważam, że cele postawione podczas realizacji badań opisanych w autoreferacie odnoszące się do publikacji 1 nie zostały w pełni zrealizowane, a sama publikacja jest tylko charakterystyką prototypu komputerowo sterowanego wielostanowiskowego mieszadła.

W publikacji 2 zamieszczono wyniki dotyczące zaprojektowania, wykonania i wdrożenia systemu namnażania inokulum mikroalg koniecznych do prowadzenia hodowli tych organizmów w skali półtechnicznej. W osiągnięciu tym autorzy wskazują na problemy związane z powiększaniem skali procesu hodowli mikroalg do skali produkcyjnej, które związane są zarówno z konstrukcją urządzenia, jak i samym procesem. Habilitant podkreśla, że przyrost biomasy alg uzależniony jest od takich czynników jak temperatura, pH podłoża, natężenie światła, napowietrzenie i mieszanie kultury, dostępność źródła azotu i dwutlenku węgla. Również szczególnie ważna jest modyfikacja parametrów procesu w trakcie hodowli uwzględniająca tempo przyrostu biomasy, a także jej stan fizjologiczny. Habilitant w osiągnięciu przedstawił rozwiązanie, które opiera się na działaniu systemu namnażania inokulum („starteru”) w powiązaniu z wymaganiami dla modułu w skali półtechnicznej. Opis eksperymentu Habilitant zaczyna od zaszczepienia pożywki inokulatem alg, nie wskazując na proporcje ilościowe tych składników. Następnie opisane zostały laboratoryjne warunki hodowli inokulatu. W dalszej kolejności Habilitant przedstawia projekt urządzenia uwzględniający rozwiązanie konstrukcyjne oparte na ośmiu szklanych fotobioreaktorach typu air-lift o łącznej objętości 90 L, wyposażonego w oświetlenie diodami LED oraz system dozowania powietrza i dwutlenku węgla oraz obszernie charakteryzuje układ pomiarowo-sterujący hodowlą mikroalg oparty na oprogramowaniu urządzenia PLC. Rezultatem przeprowadzonych badań było rozwiązanie polegające na 10-krotnym zwiększeniu skali hodowli w ciągu ośmiu dni w każdym z trzech badanych etapów (kroków). Dwa pierwsze etapy przygotowywano w kolbach o objętości roboczej 0,1 i 1 L, natomiast trzeci - w fotobioreaktorze o objętości roboczej 10 L. Stanowisko inokulacyjne składało się z ośmiu takich fotobioreaktorów. Zawartość jednego bioreaktora ze stanowiska inokulacyjnego



służyła do inokulacji jednego głównego fotobioreaktora o objętości 90 L. Ciągły tryb pracy głównych bioreaktorów miał zostać osiągnięty poprzez zaprojektowanie sześciu głównych fotobioreaktorów i ośmiu fotobioreaktorów w stacji propagacji inokulum, połączonych ze sobą. Dwa fotobioreaktory w stacji propagacji inokulum miały służyć za bufor bezpieczeństwa na wypadek ewentualnego zanieczyszczenia kultury lub konieczności powtórzenia eksperymentu. Po opracowaniu prototypu, Habilitant wykorzystał rozwiązanie technologiczne do przeprowadzenia eksperymentu z mikroalgami. W całym doświadczeniu najważniejsze z punktu widzenia technologa jest uzyskanie wysokich przyrostów biomasy mikroalg. W przedstawionym przez Habilitanta rozwiązaniu nie jest oczywiste na jakiej podstawie dobrano parametry procesu hodowli, zwłaszcza rodzaj i natężenie światła oraz początkową zawartość biomasy (która została przyjęta w przedziale 0,42 – 0,78 g/L) oraz co najważniejsze, w jaki sposób parametry te przekładają się na biosyntezę chlorofilu i astaksantyny. Można uznać, że temperatura w czasie hodowli oraz pH środowiska hodowli nie podlega optymalizacji, ponieważ optymalne wartości są wąskie i powszechnie znane, natomiast pozostałe parametry są czynnikami, które mogą istotnie wpłynąć na przebieg procesu. W autoreferacie Habilitant wskazuje, że „*W eksperymentach potwierdzających skuteczność działania stanowiska do namnażania inokulum uzyskano zadawalające efekty zarówno jeśli chodzi o wydajność hodowli, aktywność pozyskiwanego materiału hodowlanego, jak i powtarzalność procesu.*”. Jednakże przy opracowaniu prototypu, Habilitant nie określił kryteriów (zwłaszcza w kontekście wydajności uzyskiwanej biomasy) jakimi powinna charakteryzować się hodowla biomasy, przez co niezwykle trudno porównać efekty z wynikami podobnych badań uzyskanych przez innych autorów. Nie wiadomo również co w osiągnięciu jest miarą powtarzalności procesu hodowli (ile niezależnych doświadczeń zrealizowano?), a także aktywności materiału hodowlanego. Choć w osiągnięciu uzyskano rezultat po hodowli mikroalg (wydajność biomasy na poziomie 1,40-1,99 g/L), to jak wskazuje Habilitant, jego efekt (wydajność) był w większości zbliżony do wyników uzyskiwanych przez innych autorów, co może ograniczać innowacyjność zaproponowanego rozwiązania. Ogólnie, w pracy tej położono duży nacisk na charakterystykę konstrukcji stanowiska i systemu pomiarowo-sterującego, natomiast w bardzo niewielkim stopniu zwrócono uwagę na optymalizację hodowli połączonej z namnażaniem inokulum.

Kolejnym przedsięwzięciem naukowym przedstawionym w publikacji 3 (czasopismo *Algal Research*) było zaprojektowanie i wykonanie nowatorskiego modułowego i zautomatyzowanego systemu dwunastu fotobioreaktorów typu airlift o łącznej objętości roboczej 1 m³ w celu hodowli mikroalg i optymalizacji biosyntezy astaksantyny. Uzasadniając oryginalność tych badań Habilitant w osiągnięciu i publikacji bazuje na rozwiązaniu technologicznym, umożliwiającym łatwą obsługę i czyszczenie systemu, które opiera się na wykorzystaniu nowatorskiej konstrukcji dolnej pokrywy zawierającej dyfuzor zapewniający prawidłowe wprowadzanie gazów do bioreaktora, opróżnianie i ponowne napełnianie zbiornika, a także automatyzację procesu czyszczenia. Rozwiązanie to bazowało już na przyznanym patencie wynalazku („*Photobioreactor for cultivation of microorganisma, especially microalgae*”, Patent PL No.233555), którego Habilitant był ostatnim autorem spośród sześciu. Brak opisu wkładu w powstanie tego wynalazku w mojej opinii rzutuje na określenie istotności wpływu Habilitanta w powstanie tego osiągnięcia. W publikacji opisano



kompleksową konstrukcję systemu opierającego się na dwunastu fotobioreaktorach wyposażonego w dwa moduły inokulacyjne. Efektem zrealizowanych prac była możliwość wykorzystania skonstruowanego systemu do hodowli mikroalg i optymalizacji biosyntezy astaksantyny przez te organizmy w skali półtechnicznej. Wykazano, że do namnożenia biomasy mikroalg (faza zielona) potrzebne jest 21 dni, natomiast do biosyntezy (kumulacji) astaksantyny (faza czerwona) przez te organizmy konieczne jest wprowadzenie czynników stresowych (dobór rodzaju światła i temperatury oraz gląd azotowy), które trwało do 9 dni. Efektem przeprowadzonych badań było również opracowanie przez Habilitanta autorskiego algorytmu sterowania bioprocusem. Przy takim schemacie produkcyjnym (dwuetapowym), Habilitantowi udało się w skali półtechnicznej pozyskać maksymalnie 3,2% astaksantyny w suchej masie. W tym miejscu chciałbym wskazać na rozbieżności występujące pomiędzy autoreferatem a osiągnięciem (publikacja 3) gdyż w publikacji 3, w rozdziale „*Results and discussion*”, Habilitant podaje, że wyższe wydajności biosyntezy astaksantyny można uzyskać stosując dodatki jonów żelaza (II) i (III), które stymulują proces karotenogenezy u *H. pluvialis*. Następnie, Habilitant prezentuje wyniki wpływu dodatku tych jonów do pożywki na poziom zawartości astaksantyny w suchej masie podkreślając, że dodatek jonów żelaza (II) spowodował wzrost zawartości astaksantyny w suchej masie w porównaniu z wszystkimi badanymi wariantami do 3,2% suchej masy. Recenzent nie znalazł w części metodycznej oraz opisowej informacji o badaniach w tym zakresie, o poziomie i postaci dodatku jonów żelaza, jak również analizy statystycznej wyników określających wpływ istotności analizowanego czynnika (dodatku jonów żelaza) na zawartość astaksantyny. Uważam również, że część analityczna została mało dokładnie opisana, a dobór metody oznaczania astaksantyny jest mało precyzyjny. Określenie całkowitej zawartości astaksantyny w komórkach mikroalg jest bardzo istotne z punktu widzenia jej biosyntezy na skalę produkcyjną. Obecność tego związku w komórkach w różnych formach izomerycznych i formie związanej stanowi problem dla dokładnej analizy ilościowej. Ponadto w przypadku metod spektrofotometrycznych prawidłowa ocena zawartości tej substancji w badanych próbkach alg jest skomplikowana, ponieważ widma absorpcji karotenoidów są podobne. Różne są także współczynniki ekstynkcji izomerów geometrycznych astaksantyny i wysoce prawdopodobnie są także różnice dla estrów astaksantyny. Metoda spektrofotometryczna określenia zawartości astaksantyny w komórkach mikroalg jest zatem w mojej opinii szacunkową i mało precyzyjną. Podrozdział w części metodycznej poświęcony oznaczeniu ilościowemu astaksantyny „*Quantitative determination of astaxanthin in the cells of H. pluvialis cultured in the AMAPh-S photobioreactor system*” zawiera opis procedury oznaczania metodą spektrofotometryczną nie tylko astaksantyny, ale również chlorofilu (analiza chlorofilu przy dwóch długościach fali sugeruje, że oznaczane były dwie formy chlorofilu, tj. a i b, czego nie wskazano w tekście; na rysunku 7 w publikacji prawdopodobnie chodzi o sumę zawartości dwóch form chlorofilu). Dodatkowo, za niezbędny element uważam eksperyment walidacyjny, którego w tym przypadku zabrakło. Nie jest wiadome w jaki sposób zapewniono wiarygodność i poprawność uzyskanych wyników. Przy długości fali 475 nm, przy której Habilitant prowadził oznaczenia, sygnał daje nie tylko astaksantyna, ale również inne karotenoidy, w tym m.in. estry astaksantyny (w tym mono- i di-estry). Należy nadmienić, że według dostępnej literatury wolna astaksantyna u mikroalg *H. pluvialis*, występuje



w zaledwie do 5% w ogólnej puli astaksantyny, podczas gdy formy monoestrowe stanowią ok. 70-75% (Li et al. 2017; DOI 10.1111/raq.12200). Pozostała część to z kolei formy diestrowe astaksantyny. Uważam, że ten problem oznaczenia całkowitej zawartości astaksantyny mogłaby rozwiązać technika chromatografii cieczowej. Co więcej, na ten moment dostępne są także standardy analityczne estrów astaksantyny. W podsumowaniu publikacji Habilitant wskazuje, że opracowanie zamkniętego systemu fotobioreaktora zapewnił wysoki poziom kontroli procesu hodowli mikroalg, co przełożyło się na wysoką czystość mikrobiologiczną hodowli oraz czystość chemiczną astaksantyny „*The closed photobioreactor system ensured very high-level control of the process, which resulted in high microbiological purity of the culture and hence the chemical purity of the metabolite obtained.*” Recenzent nie znalazł potwierdzenia tego w wynikach badań, ponieważ badania mikrobiologiczne hodowli oraz badania nad pozyskaniem czystego preparatu astaksantyny (w tym określeniu jego czystości) nie zostały zrealizowane.

W publikacji 4 („*Komputerowy system sterowania hodowlą biomasy mikroalg Haematococcus pluvialis do produkcji astaksantyny*”) Habilitant przedstawił osiągnięcie dotyczące opracowania i przetestowania zdalnego systemu kontrolowania warunków hodowli mikroalg *H. pluvialis*. Uważam, że publikacja ta częściowo odbiega od głównego nurtu jakim jest biosynteza astaksantyny przez mikroalgi i koncentruje się na opracowaniu systemu zdalnego sterowania warunkami hodowli *H. pluvialis* działającego na bazie Internetu i protokołu Modbus TCP. System przeznaczony był do sterowania hodowlą mikroalg w modułach, gdzie każdy zawierał dwanaście fotobioreaktorów o łącznej objętości 1 m³. Dzięki opracowaniu przez Habilitanta systemu i dostępowi do Internetu możliwe było sterowanie centralne za pomocą nadrzędnego komputera, który miał zdalny dostęp do układów pomiarowo-sterujących. System został sprawdzony na przykładzie eksperymentalnej hodowli mikroalg. W mojej opinii osiągnięcie to z punktu widzenia inżyniera uważam za ważne, ale dla rozwoju nauki i dyscypliny technologia żywności i żywienia niewiele wnosi, ponieważ nie rozwiązuje problemu naukowego.

Na podsumowanie cyklu publikacji, Habilitant załączył artykuł przeglądowy (publikacja 5) charakteryzujący trendy w badaniach dotyczących hodowli alg w układach otwartych i zamkniętych w latach 1995-2020. Publikacja ta obejmuje szerszy zakres dyscyplin naukowych niż dyscyplina technologia żywności i żywienia. Jest bardzo obszernym i szczegółowym opracowaniem składającym się w pierwszej części ze statystycznej analizy ilościowej ośrodków naukowych i autorów zajmujących się badaniami alg. W mojej opinii interesująca i dobrze przygotowana jest druga część tego artykułu, która wyczerpująco omawia zagadnienia związane z opłacalnością produkcji biopaliw, bioenergii i barwników w biorafineriach bazujących na mikroalgach; wpływem konstrukcji fotobioreaktora i parametrów procesu na wydajność hodowli mikroalg; strategiami zwiększania ilości lipidów i pozyskania biodiesla w hodowli mikroalg *Chlorella*; przemysłową produkcją astaksantyny z wykorzystaniem mikroalg *Hematococcus*; produkcją biomasy wykorzystaniem alternatywnych źródeł węgla w hodowli mikroalg; wpływem barwy światła i parametru przepływu dwutlenku węgla na wydajność biomasy, a także zagadnienie związane z heterotrofią u mikroalg. Habilitant bardzo szczegółowo charakteryzuje powyższe zagadnienia i na ich podstawie formułuje trafne wnioski w kontekście przyszłych badań



w zakresie rozwiązań naukowych i technicznych. Należą do nich poszukiwanie nowych gatunków mikroalg posiadających zdolność do biosyntezy określonych metabolitów; wykorzystanie inżynierii genetycznej w celu pozyskania szczepów o ukierunkowanych szlakach metabolicznych; wykorzystanie niektórych bioodpadów jako surowca do prowadzenia hodowli mikroalg; doskonalenie konstrukcji, naświetlania i sposobu funkcjonowania bioreaktorów wykorzystywanych w hodowli mikroalg, zwłaszcza na skalę przemysłową. Podsumowując publikacja ta, chociaż jest bardzo rozbudowana i wielowątkowa, charakteryzuje szeroki zakres badań nad mikroalgami i jest wartościowym i cennym opracowaniem naukowym.

Oceniając kompleksowo przedstawione do oceny osiągnięcie naukowe w formie cyklu 5 artykułów naukowych stwierdzam, że opisywane w nim badania są z pogranicza dziedziny nauk rolniczych i nauk inżynieryjno-technicznych oraz w minimalnym stopniu wpływają na rozwój dyscypliny technologia żywności i żywienia. Publikacje wchodzące w skład jednotematycznego cyklu („*Badania nad biosyntezą astaksantyny z wykorzystaniem mikroalg Haematococcus pluvialis*”) w bardzo w niewielkim stopniu nawiązują do badań nad biosyntezą astaksantyny, a prezentowane wyniki koncentrują się głównie na doskonaleniu konstrukcji i sterowaniu procesem hodowli mikroalg w fotobioreaktorach. W całościowo ocenianej pracy brakuje informacji w jaki sposób doskonalenie konstrukcji prototypu i sterowania hodowlą mikroalg przekłada się na wyraźny przyrost biomasy mikroalg i biosyntezy przez nie astaksantyny, co mogłoby wyróżniać to rozwiązanie spośród obecnych w świecie fotobioreaktorów (publikacje 2 i 3). W publikacji 1, Habilitant charakteryzuje tylko prototyp mieszadła wielostanowiskowego, bez opisu efektywności tego urządzenia na przykładzie hodowli *H. pluvialis*. Istnieją również rozbieżności między tym co przedstawione jest w autoreferacie i w publikacji 1. W publikacji 3, Habilitant wskazuje, że innowacyjność tej pracy opiera się na wykorzystaniu w systemie fotobioreaktorów nowatorskiej konstrukcji dolnej pokrywy zawierającej dyfuzor, dzięki któremu możliwa była łatwa obsługa i sterowanie systemem. Jednakże rozwiązanie to było wcześniej opatentowane, a wkład Habilitanta w powstanie wynalazku nie jest znany. Słabo oceniam warsztat analityczny Habilitanta. Badania związane z oceną zawartości astaksantyny w suchej masie mikroalg były zaprezentowane tylko w publikacji 3. Nie do końca jestem przekonany co do słuszności wyboru metody oznaczania astaksantyny. Metoda ta nie została w żaden sposób zwalidowana, a więc trudno ocenić jej wiarygodność i porównać zawartość astaksantyny z wynikami badań innych autorów. Opracowanie i ocena działania zdalnego systemu kontrolowania warunków hodowli mikroalg *H. pluvialis* w mojej opinii jest bardzo dobrą koncepcją inżynierską, ale nie zawiera rozwiązania problemu naukowego odzwierciedlającego braki w nauce. Natomiast wysoko oceniam ostatnią publikację (publikacja 5), która jest bardzo dobrym i rzetelnym opracowaniem naukowym, jednakże nie ma charakteru eksperymentalnego.

Charakterystyka pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

Habilitant od samego początku kariery naukowej (1996 r.) związany jest ze swoją macierzystą jednostką naukową (Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu, dawniej Akademia Ekonomiczna im. Oskara Langego), w której podjął pracę naukowo-badawczą tuż po obronie pracy magisterskiej. W pracy naukowej Habilitant realizował wiele przedsięwzięć,



które niewątpliwie ukierunkowały Habilitanta i pozwoliły mu zdobyć wiele umiejętności związanych ze sterowaniem procesów biotechnologicznych.

W latach 1996 – 2007, przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora, Habilitant brał udział w pracach naukowych związanych z:

- realizacją projektu IV Programu Ramowego Unii Europejskiej (1996-1998) „*Knowledge-Based Control and Operation of Industrial Productive Bioprocess*” (nr ERB-CIPA-CT94-0205) w roli wykonawcy,

- realizacją projektu V Programu Ramowego Unii Europejskiej (2000-2004) „*Enhanced, intelligent processing of food and related wastes using thermophilic populations*” (nr QLK3-CT-1999-00004) w roli wykonawcy.

Udział Habilitanta w badaniach w pierwszym z wymienionych projektów wiązał się z prowadzeniem badań nad biosyntezą steroli w hodowlach okresowych i ciągłych przez drożdże *Saccharomyces cerevisiae*. Praca na rzecz tego projektu skutkowałą nowym pomysłem na opracowanie metody sterowania dopływem pożywki w hodowli typu fed-batch drożdży piekarskich *S. cerevisiae*, bazującej na funkcji logistycznej i przyczyniającej się do szybkiego wzrostu, wysokiej wydajności biomasy i prawidłowego wigoru komórek. Wyniki uzyskane w ramach tych prac były podstawą pracy doktorskiej, którą Habilitant obronił w 2007 r. przed Radą Wydziału Nauk o Żywności Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Równoległe z badaniami w ramach pracy doktorskiej Habilitant brał udział w drugim wymienionym projekcie, w którym zespół naukowy w osobie m.in. Habilitanta zajmował się realizacją badań związanych z zagospodarowaniem odpadów w produkcji żywności.

Efekty realizacji badań w pracy doktorskiej były wyróżnione w konkursie Wrocławskiej Rady Federacji Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych NOT „*za wybitne osiągnięcia w dziedzinie techniki*” (2014 r.). Natomiast w 2013 r. Habilitant uzyskał ochronę patentową wynalazku „*Innowacyjny sposób sterowania procesem wzrostu mikroorganizmów*”.

W latach 2007 – 2022, w okresie po uzyskaniu stopnia naukowego doktora, Habilitant brał udział w:

- projekcie nr UDA-POIG.01.01.01-02-011/09-00 realizowanym przez Program Operacyjny Innowacyjna Gospodarka i współfinansowanym przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego („*Identyfikacja potencjału i zasobów Dolnego Śląska w obszarze nauka i technologie na rzecz poprawy jakości życia (Jakość życia/Quality of Life) oraz wytyczenie przyszłych kierunków rozwoju. Badania metodami foresight*”); 2010-2011) w charakterze eksperta,

- projekcie nr PBS/B8/25/2015 (2015-2017) dofinansowanym przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w III konkursie Programu Badań Stosowanych (ścieżka B) („*Pozyskiwanie metabolitów wtórnych z mikroalg i cyjanobakterii w oparciu o zautomatyzowany system fotobioreaktorów*”) w charakterze kierownika zadania dotyczącego optymalizacji warunków prowadzenia hodowli mikroalg *Haematococcus pluvialis*. Liderem projektu była firma AlgaeLabs Sp. z o.o. a członkiem konsorcjum był Wydział Chemii Uniwersytetu Opolskiego.

Habilitant wskazuje, że pierwszy z wymienionych projektów jest rezultatem jego badań związanych z tematyką zagospodarowania odpadów z produkcji żywności, które realizował w ramach 5. Programu Ramowego, a jego rola w projekcie ograniczała się do



pełnienia funkcji eksperta w tym zakresie. Zainteresowanie Habilitanta tematyką mikroalg zrodziło się w wyniku nawiązania nieformalnej współpracy z firmą AlgaeLabs Sp. z o.o. działającą na terenie Wrocławskiego Parku Technologicznego. Habilitant wskazuje, że firma ta „do swojego prototypu fotobioreaktora typu airlift potrzebowała systemu, który pozwoliłby na automatyczne prowadzenie eksperymentów związanych z hodowlą mikroalg”. Rezultatem tej współpracy było wspólne przygotowanie wniosku projektowego pt.: „Oprogramowanie stanowiska do monitorowania, wizualizacji, i sterowania procesem produkcji biomasy mikroalg w fotobioreaktorze”, który został finansowany w ramach pięciomiesięcznego programu stażowego „Kumulacja kompetencji – stażowy program angażowania pracowników naukowych w rozwój branż nano, bio, energia” organizowanego przez Wrocławskie Centrum Badań EIT+. Najważniejszym efektem współpracy z firmą AlgaeLabs Sp. z o.o., było przygotowanie i udział w realizacji projektu finansowanego ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (w/w).

Habilitant kontynuując badania związane z zagospodarowaniem odpadów przemysłu rolno-spożywczego współpracował także z kierownikiem projektu pt. „Zastosowanie bakterii z rodzaju *Bacillus* i bakterii fermentacji mlekowej do odbarwiania buraczanego wywaru melasowego”, finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (NN 312 421940).

Dr inż. Daniel Borowiak jest pomysłodawcą założonego przez siebie Akademickiego Centrum Badań i Rozwoju (od 2014 r.), które stanowi interdyscyplinarne centrum kompetencyjne skupiające pracowników naukowych z różnych wydziałów Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu. W ramach tej działalności Habilitant zajmował się tematami związanymi z bioekonomią, biogospodarką oraz problemami związanymi z produkcją żywności.

W świetle wymienionych dokonań Habilitanta wyróżnia wiedza i umiejętności w zakresie automatyki i sterowania procesami biotechnologicznymi.

Oceniając pozostałe aktywności naukowe Habilitanta uważam, że są one umiarkowane biorąc pod uwagę staż pracy. Uważam ponadto, że w dorobku Habilitanta brakuje udziału w projektach naukowych w roli kierownika.

Istotna aktywność naukowa realizowana w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej

Habilitant, poprzez udział w projektach finansowanych ze środków Unii Europejskiej (IV i V Program Ramowy Unii Europejskiej) miał kontakt z ośrodkami naukowymi spoza Polski. W projekcie IV Programu Ramowego w skład konsorcjum (poza macierzystą jednostką Habilitanta) wchodziły ośrodki naukowe z Wielkiej Brytanii (University of Birmingham), Czech (Institute of Chemical Technology, Praga) i Portugalii (INETI – Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial, Lizbona). W przypadku V Projektu Ramowego oprócz wymienionych wyżej były to także: Akademia Ekonomiczna w Poznaniu oraz Aristotle University of Thessaloniki (Grecja).

Habilitant uczestniczył w projekcie „*Kuźnia Kadr 2, czyli wzmocnienie potencjału rozwojowego Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu poprzez rozszerzenie oferty edukacyjnej i szkolenia kadry dydaktycznej*” (nr POKL.04.01.01-00-057/09) w ramach



którego odbył dwa staże naukowo-dydaktyczne w Uniwersytecie Sztokholmskim w Szwecji (Department of Organic Chemistry) oraz w Irlandii na Uniwersytecie w Limerick (Department of Electronic and Computer Engineering). Podczas pobytu, Habilitant miał okazję zapoznać się z realizowanymi badaniami, w tym także z badaniami realizowanymi we współpracy z firmami komercyjnymi. Pobyt na stażu szczególnie na Uniwersytecie w Limerick, pozwolił Habilitantowi ukierunkować działania naukowe na rozwiązywanie problemów i realizację projektów przy współpracy z podmiotami otoczenia gospodarczego.

Podążając za zainteresowaniami naukowymi, Habilitant w 2013 r. wziął udział w projekcie „*Komercjalizacja drogą do sukcesu*” (nr POKL. 04.02.00-00-010/11), którego celem było zwiększenie kompetencji pracowników wyższych uczelni w zakresie zarządzania badaniami naukowymi i pracami rozwojowymi oraz komercjalizacji wyników badań. Dzięki udziałowi w projekcie Habilitant miał okazję wyjazdu do prestiżowej instytucji zajmującej się badaniami stosowanymi, tj. Towarzystwa Fraunhofer (Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.) w filiach w Magdeburgu i Dreźnie.

W 2014 r., Habilitant uczestniczył w projekcie „*Od innowacji do zysku*” współfinansowanym przez Unię Europejską (nr POKL.08.02.01-02-027/12), w ramach którego miał okazję zapoznać się z funkcjonowaniem Instytutu Nanomateriałów, Zaawansowanych Technologii i Innowacji Politechniki w Libercu (Czechy) nastawionego wyłącznie na prowadzenie projektów badawczo-rozwojowych.

Aktualnie Habilitant koncentruje się na współpracy z firmami z otoczenia gospodarczego realizując prace badawczo-rozwojowe będące odpowiedzią na potrzeby firm komercyjnych.

Z całą pewnością wszystkie kilkudniowe wyjazdy stażowe do innych jednostek naukowych były dla Habilitanta inspiracją i pozwoliły mu zdobyć wiedzę oraz doświadczenie, które przekładały się na badania realizowane we współpracy z otoczeniem gospodarczym. Niemniej jednak na podstawie informacji zawartych w autoreferacie, nie można stwierdzić, że wiązały się one z realizacją prac naukowo-badawczych. Miały one charakter poznawczy związany z funkcjonowaniem jednostek i tematyką realizowanych tam prac naukowych. Habilitant współpracował także z krajowymi jednostkami naukowymi (m.in. Wydział Chemii Uniwersytetu Opolskiego oraz Katedra Chemii i Technologii Paliw Politechniki Wrocławskiej), jednakże współpraca ta miała charakter wspólnego przygotowania publikacji zawierającej wyniki badań własnych Habilitanta oraz innych naukowców, co uniemożliwia potwierdzenie istotnej aktywności naukowej realizowanej w więcej niż jednej jednostce naukowej.

Ocena pozostałego dorobku naukowego

Aktywność naukowa dr inż. Daniela Borowiaka przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora obejmuje dwa artykuły naukowe (dawna lista B), trzy postery zaprezentowane na krajowych konferencjach naukowych oraz współautorstwo znaku towarowego, którego prawa ochronne przyznane zostały przez Urząd Patentowy RP („*Bioform. Znak towarowy (słowny). Polska. Klasy towarowe:09; 37; 42.*”).

Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora Habilitant opublikował (poza publikacjami wchodzącymi w skład osiągnięcia naukowego) 10 artykułów naukowych z listy JCR



(sumaryczny IF = 14,729) oraz 8 artykułów z dawnej listy B. Ponadto, zaprezentował wyniki badań podczas 4 wystąpień na krajowych konferencjach naukowych, 5 posterach na krajowych konferencjach naukowych, a także 4 posterach na międzynarodowej konferencji z cyklu „*International Conference of Slovak Society of Chemical Engineering*” ((44th (2017) and 45th (2018)). Ponadto Habilitant wykazał w autoreferacie 8 osiągnięć/wdrożeń o charakterze konstrukcyjno-technologicznym. Jest także współautorem 3 krajowych patentów.

Podsumowując dorobek naukowy dr. inż. Daniela Borowiaka, uwzględniając staż pracy, uważam że jest on niski, niemniej jednak Habilitant po uzyskaniu stopnia naukowego doktora znacząco zwiększył swoją aktywność publikacyjną i wdrożeniową. Słaba liczba cytowań (wg bazy Scopus – 45, Index Hirscha 4) wynika z relatywnie małej liczby opublikowanych artykułów naukowych w indeksowanych czasopismach. Prawdopodobnie słaba rozpoznawalność w świecie naukowym skutkowałą zrecenzowaniem przez Habilitanta tylko dwóch artykułów naukowych (oba w Applied Science).

Ocena działalności dydaktycznej, organizacyjnej i popularyzatorskiej

Jako pracownik Akademii Ekonomicznej im. Oskara Langego, a następnie Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Habilitant zrealizował wiele zajęć dydaktycznych na każdym etapie kształcenia. Był opiekunem naukowym doktoranta w charakterze promotora pomocniczego. W latach 2006 - 2021 pełnił funkcję opiekuna koła naukowego Akademicka Grupa Fotograficzna działającego przy Uniwersytecie Ekonomicznym we Wrocławiu. Dr inż. Daniel Borowiak był także promotorem w siedmiu pracach inżynierskich oraz recenzentem 21 prac inżynierskich. Odbył wiele szkoleń i brał udział w licznych warsztatach poświęconych podnoszeniu kwalifikacji dydaktycznych.

Habilitant od 2008 r., jako członek Oddziału Wrocławskiego, należy do Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności (PTTŻ) (2015-2021, członek Komisji Rewizyjnej), a także od 2012 jest członkiem Stowarzyszenia Naukowo-Technicznego Inżynierów i Techników Przemysłu Spożywczego (SitsSpoż). Od pierwszej organizacji, tj. od 2014 r. przez 5 kolejnych lat, dr inż. Daniel Borowiak był członkiem Ogólnopolskiej Konferencji Młodych Naukowców pełniąc funkcję członka komitetu organizacyjnego (I i II edycja), a także funkcję sekretarza (III-VI edycja). Ponadto pełnił funkcję sekretarza podczas I Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej „*Dolny Śląsk jako lider w sektorze nutraceutyków, żywności prozdrowotnej i suplementów diety*” (2019 r.) a także funkcję sekretarza i członka komitetu naukowego podczas Międzynarodowej konferencji online „*International Conference on Dietary Supplements – challenges and chances*”. W latach 2002 – 2014 brał udział w roli współwykonawcy w licznych projektach o charakterze szkoleniowym, organizowanych przez Stowarzyszenie Rozwoju Przedsiębiorczości we Wrocławiu. Od 2019 r. bierze udział w roli wykonawcy w projekcie „*PORTAL – Zintegrowany Program Rozwoju Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*”, który jest współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego, Program Operacyjny Wiedza Edukacja Rozwój, Priorytet III. Szkolnictwo wyższe dla gospodarki i rozwoju, Działanie 3.5 Kompleksowe programy szkół wyższych.



Szczególnie wyraźnie charakteryzuje Habilitanta jego praca na rzecz otoczenia gospodarczego. Oprócz pracy wdrożeniowej na rzecz firmy AlgaeLabs Sp. z o.o., dr inż. Daniel Borowiak był pomysłodawcą, współzałożycielem i członkiem *Akademickiego Centrum Badań i Rozwoju BioR&D*, będącego interdyscyplinarnym centrum kompetencyjnym działającym przy Uniwersytecie Ekonomicznym we Wrocławiu, ukierunkowanym na współpracę z podmiotami gospodarczymi. Efektem tej działalności było podpisanie licznych umów o współpracy naukowo-badawczej (24 umowy), co pozwoliło Habilitantowi wziąć udział (w latach 2013 – 2022) w ośmiu stażach przemysłowych o łącznym okresie realizacji 73 miesiące, które finansowane były ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego lub Gminy Wrocław. Ponadto, dr inż. Daniel Borowiak wykonał liczne ekspertyzy i opracowania na zamówienie instytucji publicznych lub przedsiębiorców w liczbie 25.

Habilitant był członkiem zespołu ekspertów w projekcie *„Identyfikacja potencjału i zasobów Dolnego Śląska w obszarze nauka i technologie na rzecz poprawy jakości życia (Jakość Życia/Quality of Life) oraz wytyczenie przyszłych kierunków rozwoju. Badania metodami foresight”* a także członkiem zespołu ekspertów w projekcie *„Wortal Transferu Wiedzy”* - centrum innowacyjności wspierające współpracę sfery nauki i przedsiębiorstw.

Osiągnięcia Habilitanta w zakresie popularyzacji nauki są bardzo rozbudowane. Aktywnie uczestniczył w programach telewizyjnych i radiowych, a także w imprezach wystawienniczych, pokazach i prezentacjach.

Należy zauważyć, że prace na rzecz firmy AlgaeLabs Sp. z o.o. związane z opracowaniem i wdrożeniem systemów pomiarowo-sterujących były wyróżniane i nagradzane w konkursach krajowych i regionalnych, a w dniu 19 lutego 2022 r. za efekty współpracy z otoczeniem gospodarczym został nagrodzony indywidualną Nagrodą Ministra Edukacji i Nauki za znaczące osiągnięcia w zakresie działalności wdrożeniowej. Za swoje osiągnięcia organizacyjne oraz naukowo-badawcze był również nagradzany przez Rektora Uniwersytetu Ekonomicznego. Na wniosek Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego i na podstawie Postanowienia Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 15 października 2012 r. został odznaczony Brązowym Medalem za Długoletnią Służbę.

Wniosek końcowy

Pomimo znaczącego dorobku popularyzatorskiego i efektów współpracy z otoczeniem gospodarczym z przykrością muszę stwierdzić, że osiągnięcia naukowe i aktywność naukowa dr inż. Daniela Borowiaka w moim przekonaniu nie dają mi podstaw do stwierdzenia, że Habilitant spełnia wymagania określone w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 poz. 478) stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego. W związku z tym nie rekomenduję dopuszczenia Pana dr inż. Daniela Borowiaka do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.

Podpisał

Dr hab. Marcin Bryła, prof. IBPRS-PIB